

В технологической схеме Мозырского НПЗ предусмотрена переработка сероводородсодержащих газов по схеме прямого Клаус-процесса. В разные годы по проекту ОАО «Гипрогазоочистка» построено и эксплуатируется 3 блока получения серы. Настоящая статья посвящена последним совместным работам ОАО «Гипрогазоочистка» и ОАО «Мозырский НПЗ».

# ПРОЦЕСС КЛАУСА НА МОЗЫРСКОМ НПЗ – ЧТО НОВОГО? НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ОПЫТ

**М.С. НЕМИРОВСКИЙ**  
**С.В. ТУКАЧ**  
**И.П. ЕЛЬЦОВ**

к. т. н., главный специалист ОАО «Гипрогазоочистка»  
главный технолог ОАО «Мозырский НПЗ»  
заместитель начальника производства ОАО «Мозырский НПЗ»

г. Москва  
г. Мозырь

## ОБСЛЕДОВАНИЕ УСТАНОВКИ ПОЛУЧЕНИЯ СЕРЫ (ИЮЛЬ 2008г)

В июле 2008г. специалисты ОАО «Гипрогазоочистка» совместно со специалистами ОАО «Мозырский НПЗ» провели обследование установки получения серы (блок № 3), которая пущена в эксплуатацию в 2004 г.

Целью обследования явилось определение эффективности работы установки на 5-й год эксплуатации, при необходимости – проведение работ по оптимизации технологических режимов.

В данном проекте реализована схема прямого Клаус-процесса с тремя каталитическими ступенями. Подогрев газа между ступенями осуществляется путем смешения с продуктами сгорания топливного газа в топках-подогревателях.

При проведении обследования выполнен комплекс замеров состава исходного кислого и технологического газа по тракту установки, замеры расходов жидкой серы, обследована эффективность работы печи дожигания.

Основной показатель эффективности работы установки – это степень конверсии сероводорода в серу ( $K_s$ ), который определяется как отношение массовых расходов серы на выходе и входе на установку. При расчете степени конверсии сероводорода учитывается тот факт, что сера поступает на установку в газовой фазе в виде сероводорода, а выводится с установки в виде расплава. Расчет степени конверсии сероводорода в данном обследовании проводился по показаниям поточного анализатора хвостового газа в соответствии с методикой [1]. Кроме того, для каждой точки определялся расход воздуха  $R$  в процентных долях от существующего, который необходимо добавить или убавить так, чтобы иметь  $[H_2S] - 2 * [SO_2] = 0$  в отходящем газе [2]. Результаты измерений приведены графически – (рис. 1).

График построен следующим образом: против рассчитанного параметра  $R$  (ось абсцисс) откладывалось соответствующее ему значение степени конверсии сероводорода  $K_s$ . Таким образом, нулевое значение  $R$  на графике соответствует такому режиму работы установки, когда подача воздуха

на установку не требует корректировки. Этот режим соответствует максимальной степени конверсии сероводорода. Очевидно, избыток и недостаток воздуха – т.е. пережег, и недожег в термической ступени – приводят к падению степени конверсии сероводорода.

Из графика видно, что установка во время проведения обследования работала удовлетворительно: степень конверсии большинства измерений превышала 98%, что соответствует проектным показателям.

Учитывая, что с пуска на момент обследования установка проработала более четырех лет, этот показатель следует признать хорошим. Это является отражением высокой технологической культуры обслуживания установки МНПЗ, с одной стороны, и высококачества проекта – с другой.

При этом нельзя не отметить проблемы, с которыми приходится сталкиваться технологам службы эксплуатации. Главной из них является периодическое и резкое изменение состава топливного газа, поступающего на установку. Это приводит к разбалансировке процесса, переходу на режимы, которые не являются оптимальными и, как следствие, – потерю степени конверсии сероводорода, рост выбросов диоксида серы.

Данные, приведенные на графике, являются репрезентативной выборкой: более 8000 замеров за 9 дней обследования. При этом для приблизительно 8% замеров степень конверсии сероводорода оказалась ниже 98%. Анализ этих результатов показал, что снижение  $K_s$ , как правило, соответствует разбалансировкам режима, связанным с проблемами топливного газа. В настоящее время ОАО «Гипрогазоочистка» предложил для ОАО «Мозырский НПЗ» ряд вариантов для решения этой проблемы.

## ПРОЕКТ ИНТЕНСИФИКАЦИИ РАБОТЫ СУЩЕСТВУЮЩЕГО БЛОКА ПОЛУЧЕНИЯ СЕРЫ

Общей тенденцией в нефтепереработке последних десятилетий является увеличение глубины переработки и вовлечение в переработку нефтей с повышенным содержанием серы. Следствием этого является увеличение объемов производства сероводородсодержащих газов, которые, как правило, перерабатываются в серу на установках Клауса.

Иногда сочетание производственных параметров и параметров исходного сырья складывается таким образом, что объем производства сероводородсодержащих

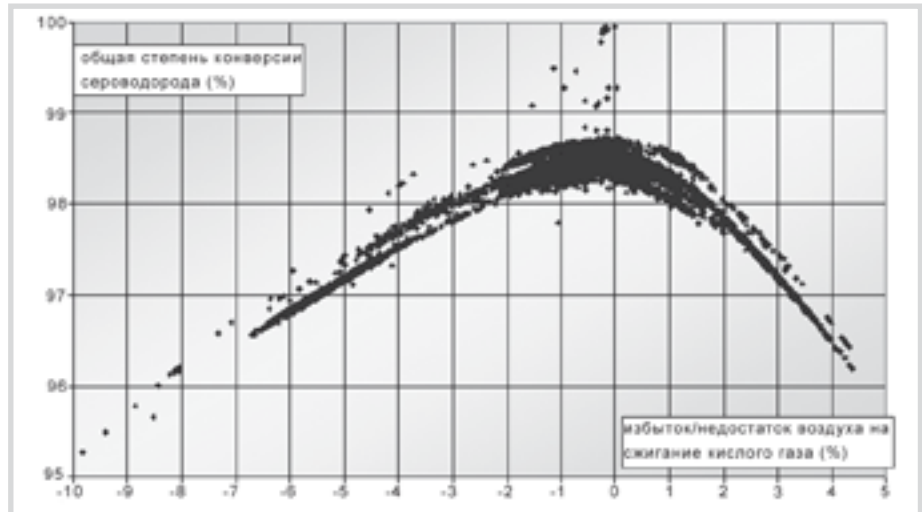


Рис. 1. Степень конверсии сероводорода на УПС блок № 3 МНПЗ за время обследования

## ПЕРЕРАБОТКА / ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ

газов превышает суммарные мощности производств серы. В этой ситуации завод вынужден часть сероводородсодержащих газов сбрасывать на факел.

Специалистами Мозырского НПЗ совместно с ОАО «Гипрогазоочистка» предложено повысить производительность существующей установки получения серы (блок № 2) для предотвращения сброса сероводородсодержащих газов на факел.

Для этого предложено использовать избыточный кислород от существующей кислородно-азотной станции. Суть предложения заключается в том, что расход воздуха, требуемый на процесс, сокращается при обогащении его кислородом. Таким образом, установка может быть нагружена дополнительным количеством кислого газа.

Технологические границы безопасной работы при внедрении этого предложения следующие: концентрация кислорода в обогащенном воздухе не должна превышать 28% моль. [3], температура пламени не должна превышать предел термической стойкости применяемых футеровочных материалов.

При помощи компьютерного моделирования проанализированы сочетания условий ведения процесса, включая данные о возможных колебаниях состава кислого газа и данные о фактической точности регулировки процесса. На основании этих расчетов сформулированы требования к системе управления модернизированным процессом, которые заложены в проект.

В табл. 1 приведены сводные показатели работы установки при переработке дополнительного объема кислого газа амина или газа SWS и представлено сравнение с «базовым вариантом» – переработкой кислого газа амина без использования кислорода.

Из данных таблицы видно, что при переработке дополнительных объемов кислого газа амина на существующей установке степень конверсии сероводорода практически не меняется – остается на уровне порядка 96%. При вовлечении в переработку дополнительно 400  $\text{нм}^3/\text{ч}$  газа SWS общая конверсия несколько снижается – до 95,4%. Это объясняется большим количеством инертных примесей в газе SWS.

В обоих вариантах переработки абсолютный уровень выбросов диоксида серы в атмосферу по сравнению с базовым вариантом возрастает до 13,1 г/сек при переработке дополнительно 380  $\text{нм}^3/\text{ч}$  кислого газа амина и до 13,75 г/сек при переработке дополнительно 400  $\text{нм}^3/\text{ч}$  SWS газа.

Однако, без применения данной технологии дополнительные объемы кислого газа амина / газа SWS в связи с отсутствием свободных мощностей по утилизации этих газов должны были бы сжигаться на факеле. Расчетные выбросы  $\text{SO}_2$  при этом приведены в табл. 1 в строке 11. Из этих данных видно, что максимальный выброс диоксида серы при сжигании на факеле 380  $\text{нм}^3/\text{ч}$  кислого газа амина составил бы 261,67 г/сек. Это более чем в 4 раза превышает выбросы установки при работе в штатном режиме при переработке 2200  $\text{нм}^3/\text{ч}$  кислого газа амина.

Сравнение выбросов, которые будут на установке при использовании данной технологии, с возможным сжиганием дополнительных

объемов сероводородсодержащих газов на факеле приведено в табл. 1 в строке 12. Минимальное снижение выбросов диоксида серы при применении данной технологии – в 6 раз, максимальное – в 21,6 раза.

Таким образом, применение данной технологии имеет значительный экологический эффект.

Данная технология в настоящее время находится в стадии проектирования и планируется к реализации на Мозырском НПЗ к концу 2009г. ■

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Теснер П. А., Рубинов Р. Х. Расчет степени конверсии сероводорода в элементарную серу в процессе Клауса. Газовая промышленность, 1984г., № 6, с.39-40.
2. Теснер П.А., Немировский М.С., Рубинов Р.Х. Расчет оптимального расхода воздуха в процессе Клауса. Газовая промышленность № 19 г., с. 39
3. Sulphur, № 284, январь-февраль, 2003 г

№ п/п	Наименование показателя	Размерность единиц	Базовый вариант	Увеличение объема переработки кислого газа амина			Увеличение объема переработки SWS газа		
				2273	2350	2580	2200	2200	2200
1	Расход кислого газа амина на установку	$\text{нм}^3/\text{ч}$	2200	2273	2350	2580	2200	2200	2200
2	Расход SWS газа на установку	$\text{нм}^3/\text{ч}$	0	0	0	0	75	240	400
3	Расход кислорода на установку	$\text{нм}^3/\text{ч}$	0	50	100	250	50	150	250
4	Суммарная степень конверсии сероводорода по установке	%	96,1	96,1	96,1	95,9	96	95,7	95,4
5	Поступление серы на установку с кислым / SWS газом	кг/ч	2726	2816	2912	3197	2754	2815	2875
6	Сера, полученная на установке	кг/ч	2620	2706	2797	3067	2643	2695	2744
7	Выброс диоксида серы в дымовую трубу	г/сек	58,94	61,25	63,81	72,04	61,32	66,86	72,69
8	Дополнительный сероводород, взятый в переработку в пересчете на серу (относительно базового варианта)	кг/ч	0	90	186	471	28	89	149
9	Дополнительно полученная сера (относительно базового варианта)	кг/ч	0	86	177	447	23	75	124
10	Дополнительный выброс $\text{SO}_2$ (относительно базового варианта)	г/сек	0,00	2,31	4,87	13,1	2,38	7,92	13,75
11	Дополнительный выброс $\text{SO}_2$ без применения данной технологии (по п. 8)	г/сек	0,00	50,00	103,33	261,67	15,56	49,44	82,78
12	Сокращение выбросов (п.11 / п.10)	разы	-	21,6	21,2	20,0	6,5	6,2	6,0

Табл. 1. Экологические показатели применения кислорода на существующей установке